

## Intervalo hídrico ótimo no solo sob integração lavoura-pecuária em plantio direto<sup>(1)</sup>

**Diego Cecagno<sup>(2)</sup>; Amanda Posselt Martins<sup>(3)</sup>; Taíse Robinson Kunrath<sup>(3)</sup>; Ibanor Anghinoni<sup>(4)</sup>; Paulo César de Faccio Carvalho<sup>(5)</sup>; José Miguel Reichert<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq e apoio da Agrisus.

<sup>(2)</sup> Estudante de graduação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, Rio Grande do Sul; E-mail: dcecagno@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Estudante de pós-graduação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; <sup>(4)</sup> Professor Titular; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; <sup>(5)</sup> Professor Associado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; <sup>(6)</sup> Professor Titular; Universidade Federal de Santa Maria.

**RESUMO:** O intervalo hídrico ótimo (IHO) tem sido um indicador físico recomendado na avaliação do impacto de sistemas de manejo na qualidade do solo. O objetivo deste estudo foi determinar o IHO para avaliar a qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico em plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. A área de estudo é constituída pelo cultivo de soja no verão e aveia preta + azevém no inverno, manejado com diferentes alturas de pastejo: 10, 20, 30 e 40 cm de altura e testemunha sem pastejo. Foram retiradas amostras indeformadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, nas quais foram determinadas a densidade do solo ( $D_s$ ), as curvas de retenção de água, de resistência do solo à penetração (RP) e estimado o IHO. A densidade do solo crítica ( $D_{sc}$ ) foi tomada como aquela em que o IHO = 0. A densidade crítica do solo ( $D_{sc}$ ) foi de  $1,41 \text{ Mg m}^{-3}$ , apresentando decréscimo acentuado a partir do valor de  $1,24 \text{ Mg m}^{-3}$ . Os valores de  $D_s$  são próximos ou maiores que a  $D_{sc\text{IHO}}$ , independentemente da camada avaliada ou tratamento. Com base nos dados analisados, concluiu-se que, mesmo que o IHO possa ser um indicador da qualidade física do solo, não se relaciona com o comportamento da planta, pois as maiores produtividades da soja ocorrem nos tratamentos que produzem mais resíduos, e não nos que apresentam a menor relação  $D_s/D_{sc\text{IHO}}$ .

**Termos de indexação:** qualidade física, densidade crítica, resistência à penetração.

### INTRODUÇÃO

Na última década, o manejo do solo tem sido o foco de muitos trabalhos de pesquisa, visto que abrange técnicas diferenciadas para condução de sistemas produtivos e de menor impacto ambiental. O sistema de produção integrado com lavoura e pecuária apresenta algumas peculiaridades quanto ao seu impacto nas propriedades físico-hídricas e químicas do solo. A complementaridade das gramíneas de inverno (pastejo) com a cultura leguminosa de verão (soja) pode resultar em melhorias na qualidade do solo (Souza et al., 2009). Quantificar os efeitos da integração lavoura-

pecuária em plantio direto na qualidade do solo permanece ainda uma missão árdua. Análises de atributos isolados são ferramentas precárias em sistemas com elevado fluxo energético (resíduos). Ainda, há de se contemplar a dependência espaço-temporal, a taxa e a interação na qual ocorrem os processos no solo, para então compreendermos as respostas das plantas. O IHO tem sido um indicador físico recomendado na avaliação do impacto de sistemas de manejo na qualidade do solo. Por ser um indicador físico que integra parâmetros atrelados ao desenvolvimento das plantas, esse índice parece representar melhor a fertilidade física do solo (Tormena, 2007). Considerando que um solo submetido à integração lavoura-pecuária se encontra em um nível de organização elevado, indicadores (índices) que contemplem um maior número de parâmetros se fazem necessários na sua avaliação. Nesse sentido, o IHO vai ao encontro da demanda de indicadores que expressam a qualidade física de um solo (Petean et al., 2010), porém, sem mensurar características fisiológicas das plantas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o IHO como indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico e de produtividade da soja em integração lavoura-pecuária em plantio direto.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento no qual o trabalho foi realizado vem sendo conduzido desde maio de 2001 no município de São Miguel das Missões, na região fisiográfica do Planalto Médio - RS.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico com textura argilosa. Antes do início do experimento a área vinha sendo cultivada em sistema plantio direto desde 1993, com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) no inverno e soja (*Glycine max*) no verão. No inverno do ano de 2000 a área foi utilizada para o pastejo de animais pela primeira vez. No outono de 2001, após a colheita da soja, foi iniciado o experimento com estabelecimento da pastagem de aveia preta + azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). Em novembro desse ano, antes da implantação da soja, foi feita uma aplicação superficial de calcário na dose recomendada para

e elevar o pH do solo até 5,5 para o sistema de plantio direto consolidado (CQFS RS/SC, 2004).

Os tratamentos constam de diferentes alturas de manejo do pasto: 10, 20, 30 e 40 cm, distribuídas num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, sendo a altura da pastagem acompanhada a cada 14 dias, pelo método Sward stick (Bircham, 1981). Nas áreas entre os blocos o pastejo é excluído, sendo considerada essa área como de referência. Em torno de 45 dias após a semeadura da pastagem é realizada uma adubação nitrogenada de cobertura, com dose variando de 45 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia.

Tem-se utilizado bovinos jovens, com idade ao redor de 12 meses em pastejo contínuo. Geralmente, os animais entram na área quando a pastagem atinge um acúmulo médio em torno de 1500 kg de MS ha<sup>-1</sup>. De uma forma geral, os animais iniciam o ciclo de pastejo em julho e permanecem na área até novembro.

Para o presente trabalho, as amostragens foram realizadas apenas no primeiro bloco. As amostras de solo foram coletadas ao final do ciclo de pastejo (Novembro/2011), e após a colheita da soja (Abril/2012), nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, utilizando-se anéis volumétricos.

Para determinar o IHO, é necessário o conhecimento das curvas de retenção de água e de resistência do solo. A relação funcional entre potencial matricial ( $\psi$ ) e conteúdo volumétrico de água ( $\theta$ ) foi ajustada pelo procedimento descrito por Silva et al. (1994). Para tanto, nos anéis coletados foram aplicados os seguintes potenciais mátricos: -0,001, -0,006 e -0,01 MPa numa mesa de tensão e -0,03, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa, mediante pressões aplicadas em placas porosas (Câmara de Richards). Após atingir o equilíbrio, as amostras foram utilizadas para determinar a resistência à penetração e, em seguida, secas em estufa a 105°C para a determinação do teor de água.

A RP foi determinada pela medição no centro geométrico de cada amostra após a aplicação dos potenciais já especificados, estabelecendo um gradiente de teor de água entre as amostras. Foi utilizado um penetrômetro de bancada com taxa constante de penetração de 10 mm min<sup>-1</sup>.

A curva de RP foi ajustada por meio de um modelo não linear proposto por Busscher (1990):  $RP = a \times \theta^b \times Ds^c$ , onde os coeficientes a, b e c são parâmetros do ajuste.

O IHO foi determinado conforme descrito em Silva et al. (2003). Os valores considerados críticos para o crescimento das culturas foram: capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ) ou teor de água no potencial de -0,01 MPa, ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) ou

o teor de água no potencial de -1,5 MPa, teor de água no solo em que a resistência ( $\theta_{RP}$ ) atinge 2,0 MPa, e teor de água no solo em que a porosidade de aeração ( $\theta_{PA}$ ) é de 0,10 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

O IHO foi calculado como a diferença entre o limite superior e inferior dos conteúdos de água em que ocorrem os parâmetros físicos considerados. O limite superior é o menor valor de  $\theta$  considerado na CC ou na PA de 10% e o limite inferior é o maior valor de  $\theta$  na RP de 2,0 MPa ou no PMP.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e teste de médias (DMS) a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis Ds e RP apresentaram ampla faixa de valores (Costa, 2013), o que é desejável para a construção do IHO. Levando-se em conta o valor restritivo ao desenvolvimento radicular de 2,0 MPa, na camada de 0-5 cm apenas os tratamentos 30 cm e SP apresentaram valores de RP restritivos. Já nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, as intensidades de pastejo de 20 cm e 20, 30 e 40 cm, respectivamente, apresentaram valores maiores que 2,0 MPa. Apesar da elevada variabilidade desse atributo do solo, a predominância de valores entre 0,5 e 2,0 MPa corrobora com os dados obtidos por Conte (2011). Segundo Klein & Camara (2007) o limite de 2,0 MPa é insuficiente para estabelecer relações com o rendimento da cultura da soja.

A variação do conteúdo de água nos limites críticos do IHO, para o Latossolo Vermelho distroférico submetido a ILP, na camada de 0-50 cm é apresentada na **Figura 1**. Constata-se que, com o aumento da Ds, ocorreu também aumento do teor de água para manter a RP ( $\theta_{RP}$ ) abaixo do nível crítico, assim como o decréscimo do teor de água para manter a porosidade de aeração ( $\theta_{PA}$ ) corroborando com os resultados obtidos por Petean et al. (2010).

A partir da Ds de 1,24 Mg m<sup>-3</sup> a  $\theta_{RP}$  foi superior ao conteúdo de água no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ). Este valor demonstra o impacto que a RP pode ter no controle da qualidade física do solo. A densidade crítica do solo (Dsc) foi de 1,41 Mg m<sup>-3</sup>, apresentando decréscimo acentuado a partir do valor de 1,24 Mg m<sup>-3</sup> (**Figura 2**). A Dsc significa que, independentemente do teor de umidade em que estiver o solo, a planta vai estar em condição limitante ao seu desenvolvimento. Observa-se que os valores de Ds são próximos ou maiores que a Dsc<sub>IHO</sub>, independentemente da camada ou tratamento avaliados (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Médias de Ds/Dsc obtidas em todas as profundidades amostradas.

Profundidade	Tratamento				
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	SP
0 - 5	0,98 <sup>ab</sup>	1,03 <sup>a</sup>	1,04 <sup>a</sup>	0,96 <sup>b</sup>	0,99 <sup>ab</sup>
5 - 10	0,97 <sup>ab</sup>	0,95 <sup>ab</sup>	1,02 <sup>a</sup>	0,94 <sup>b</sup>	0,99 <sup>ab</sup>
10 - 20	0,95 <sup>ns(2)</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
20 - 30	0,90 <sup>b</sup>	0,92 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b</sup>	1,11 <sup>a</sup>
30 - 50	0,96 <sup>b</sup>	0,91 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b</sup>	0,96 <sup>b</sup>	1,05 <sup>a</sup>

<sup>(1)</sup> Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste do DMS ( $p < 0,05$ ).

<sup>(2)</sup> ns = não significativo.

As maiores produtividades ocorrem nos tratamentos que aportam mais resíduos (**Figura 3**). O tratamento com pastejo mais intenso (10 cm) é onde há uma menor produção de resíduos e, conseqüentemente, menor área de superfície coberta do solo (Assmann, 2011). Segundo Chabat (2010), a cobertura do solo por resíduos é um fator importante na manutenção de água no solo.

Quando o IHO é relacionado ao rendimento da cultura, o presente estudo foi ao encontro do obtido por Gubiani et al. (2013), que também não encontrou associação entre o IHO com a resposta pelas plantas. Por outro lado, Silva (2003) encontrou influência do IHO na produtividade da cultura do trigo e do milho.

Como o IHO não se mostrou um bom indicador de resposta da soja, necessita-se de outros parâmetros de avaliação que sejam mensurados nas plantas. Nesse sentido, Costa (2013) buscou inserir parâmetros de planta, como a temperatura e potencial hídrico da folha, para melhor entender a resposta das mesmas à condição hídrica do solo.

## CONCLUSÃO

Mesmo que o IHO possa ser um indicador da qualidade física do solo, não se relaciona com o comportamento da planta, pois as maiores produtividades da soja ocorrem nos tratamentos que produzem mais resíduos, e não nos que apresentam a menor relação  $DS/DSC_{IHO}$ .

## REFERÊNCIAS

ASSMANN, J.M. Ciclagem e estoque de nutrientes em sistema de integração soja-bovinos de corte sob plantio direto. Porto Alegre: UFRGS, 2011. 81p. (Material de Exame de Qualificação)

BIRCHAM, J.S. Herbage growth and utilization under continuous stocking management. University of Edinburgh, Edinburgh, 1981. 384p. (Ph.D Thesis),

BUSSCHER, W.J. Adjustment of lat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. Trans. ASAE, 3:519-524,1990.

CHABAT, M.M. influência dos resíduos vegetais na superfície do solo na dinâmica de evaporação da água e temperatura do solo. - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFSM, Santa Maria, 2010. 92 p. (Dissertação de Mestrado)

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

CONTE, O. Mobilização, atributos de solo e variabilidade espacial em integração lavoura-pecuária. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 2011. 136 p. (Tese de Doutorado)

COSTA, S.E.V.G.A. Intervalo hídrico ótimo no solo e estado hídrico das plantas em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. Porto Alegre: UFRGS, 2013. 99p. (Material de Exame de Qualificação).

GUBIANI, P.I.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Indicadores hídrico-mecânicos de compactação do solo e crescimento de plantas. R. Bras. Ci. Solo, 37:1-10, 2013.

KLEIN, V.A. & CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. R. Bras. Ci. Solo, 31:221-227, 2007.

PETEAN, L.P.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. R. Bras. Ci. Solo, 34:1515-1526, 2010.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. Soil Science Society of America Journal, 58:1775-1781, 1994.

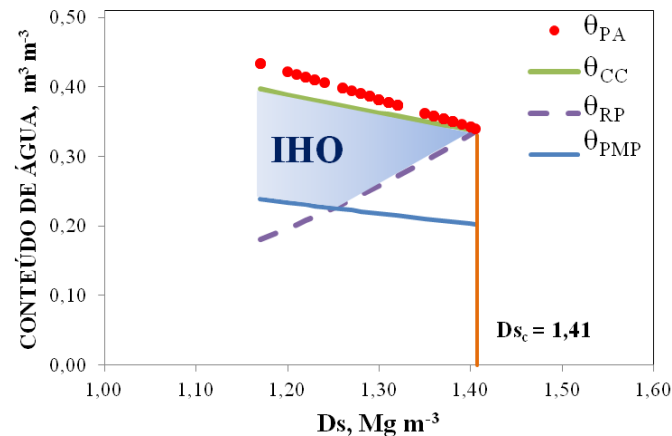
SILVA, V. R. Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Biodinâmica de Solos, UFSM, Santa Maria, 2003. 171 p. (Tese de Doutorado)

SOUZA, E.D. et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1829-1836, 2009.

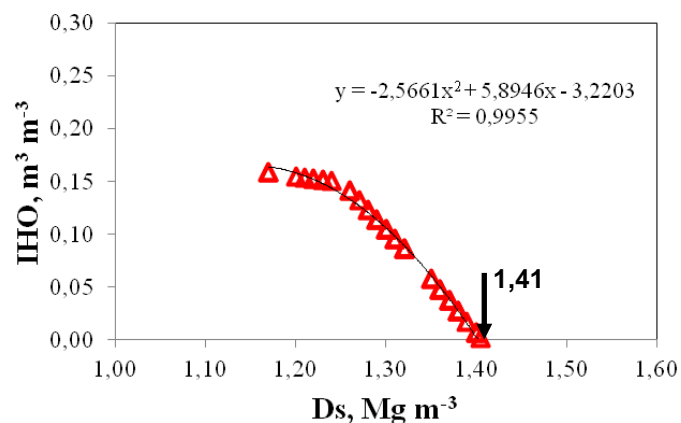
TORMENA, C.A. et al. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:211-219, 2007.

## AGRADECIMENTOS

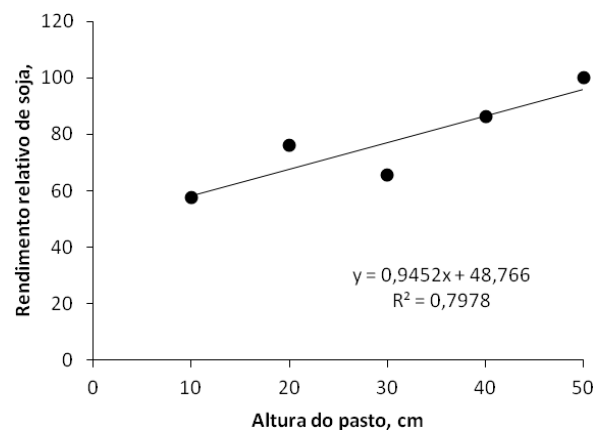
Agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e recursos para projeto; e à Fundação AGRISUS pelo apoio a esta participação no XXXIV CBCS, e pelos apoios que já vêm concedendo ao Grupo de Pesquisa em Integração Lavoura-Pecuária da UFRGS.



**Figura 1.** Variação do conteúdo de água com a densidade do solo nos níveis críticos da capacidade campo ( $\theta_{CC}$ ), ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ), resistência à penetração ( $\theta_{RP}$ ) e porosidade de aeração ( $\theta_{PA}$ ) na camada de 0-50 cm de profundidade.



**Figura 2.** Variação do conteúdo de água com a densidade do solo.



**Figura 3.** Rendimento relativo da cultura da soja cultivada no sistema de integração soja-bovinos de corte em plantio direto com diferentes intensidades de pastejo na safra 2011/2012, onde choveu 360 mm no ciclo da cultura.